

● 作者/Thomas Withington ● 譯者/袁 平 ● 審者/黃坤銘

異口同聲：海軍通信情報

Talking at the Same Time

取材/2022年3-4月德國軍事科技雙月刊(*Military Technology*, March-April/2022)



的未來

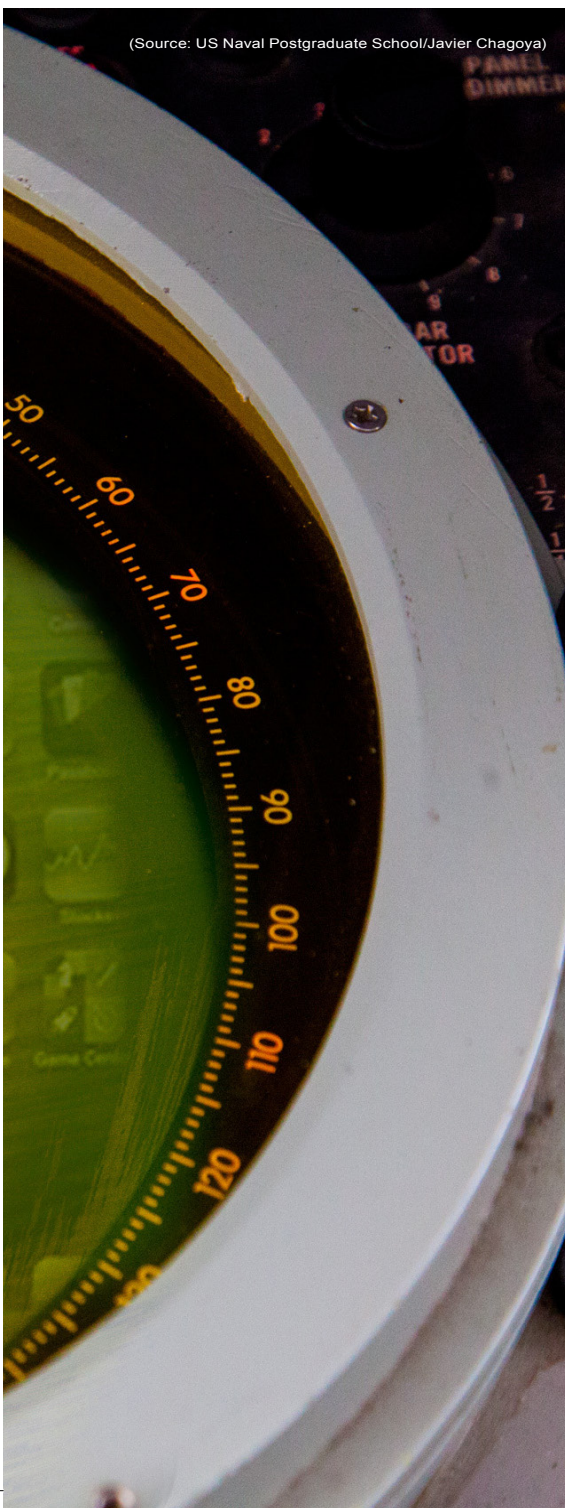
海軍「通信情報」蒐集系統必須參照現行軍用及民用通信技術，善用人工智慧技術，方能提高複雜資電作戰環境下的戰場存活率。

通信情報(Communications Intelligence, COMINT)人員主要關注三百萬赫(MHz)至五吉赫(GHz)波段，而世界上多數民用及軍用通信亦使用前述波段。軍隊蒐集與運用通信情報，以獲取有關假想敵(Opposing Forces)或相關人士資訊——可能包括嫌疑犯、罪犯或叛亂分子。通信情報囊括各式資訊，包括詳細位置，也許還有部隊或個人在通信過程中分享的資訊。配備通信情報系統的巡防艦，或許能夠偵測近岸巡邏艦(Offshore Patrol Vessel, OPV)的無線電訊號，再將前述訊號疊加到海圖上，並且追蹤發射訊號來跟蹤敵艦。這種技術同樣適用於跟蹤小船上使用手機的相關人士。

除了追蹤相關人士或可疑船隻外，海軍通信情報系統還可解密通信內容，並將結果用於情報工作。分析取得的敵軍命令、企圖及情況報告(Situation Reports)等有利情資可與友軍情報單位共享，或轉發國家情報機構。埃爾比特系統(Elbit Systems)在一份聲明中指出，通信對於海軍作戰至關重要，在例行任務或全面戰爭中皆是如此。蒐集通信情報可讓海軍「追蹤日常活動並從中察覺異樣」。藉由監視日常狀況，海軍能夠察覺「意外或敵對活動」的「即時警告」。

5G的煩惱

海軍通信情報專業人員已經監測大量頻率，也正如埃爾比特系統聲明所指出，「今日無線電通信技術正快速發展，通信信號日益複雜，資訊量亦不斷增加」。例如，高頻波段為3至30萬赫：單一波道頻寬可能為3千赫，整個高頻波段頻寬占2萬9,970千赫，一個3千赫波道僅占可用頻寬的0.01%——就好比海底撈針。

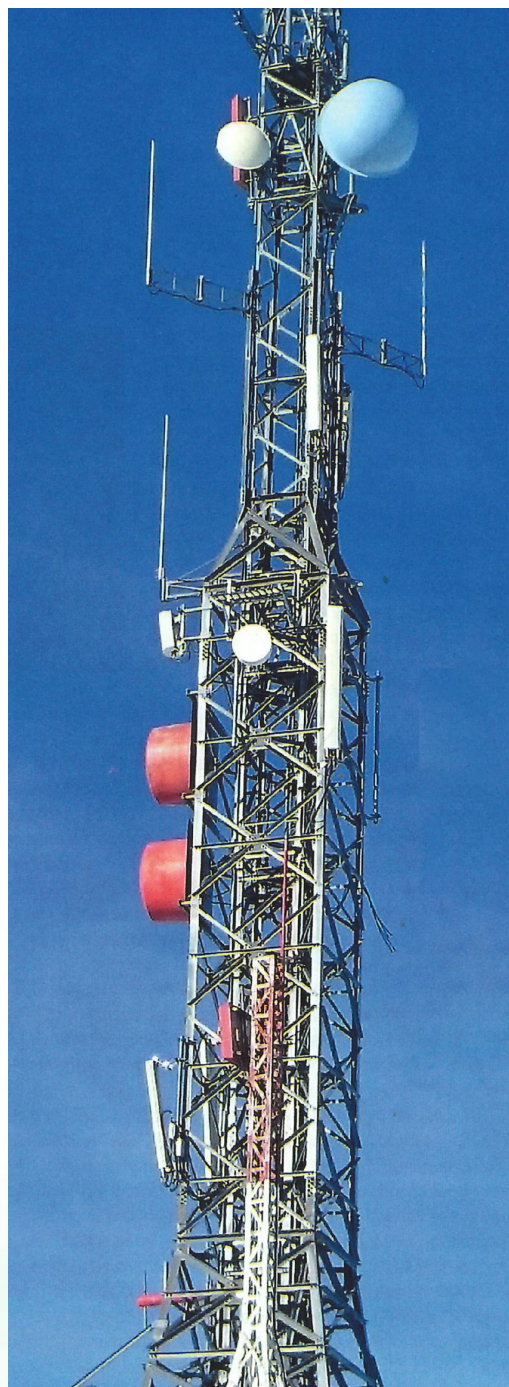


在茫茫頻譜中尋找單一波段並非唯一挑戰。通信情報專業人員必須解密其偵測與記錄到的通信內容，整理有效情報。現代電信包括用於處理流量的多項協議：律定編碼或調製方式，使資訊能夠透過網絡傳輸——這在使用3G、4G及即將採用5G協議的手機通信中清楚可見。而隨著世代交替，最新世代的能力亦大幅提升。通信情報所面臨的挑戰是——所有這些協議都必須經過解密。誠如通信情報顧問公司(COMINT Consulting)總裁兼執行長吉爾格倫(Jim Killgallen)指出，前述協議還只是通信情報在執行過程中的一部分。

國際電信聯盟(International Telecommunications Union, ITU)已分配多個頻段供5G設備使用。與現有4G網路相比，無線網路可容納更多用戶與更大數據處理量——可能高達每秒20億位元組(GB)。5G也將大力催化物聯網(Internet of Things, IOT)發展——連接大量設備並分享資訊。但是，5G與物聯網的出現帶給海軍通信情報人員更多憂慮。

無人機威脅

海軍還必須考慮諸如裝載爆炸物的無人載具等威脅——這是叛亂分子攻擊海軍艦艇的低成本、高效力武器。2000年10月12日，美軍科爾號(Cole)驅逐艦在亞丁港成為自殺式攻擊的受害者：一艘滿載炸藥的船在該艦左舷引爆，造成52名船員傷亡。偵測無人載具及其操作員間的無線電訊號，可協助反制此類不對稱攻擊。控制鏈路的典型操作頻率為2.4至5.8吉赫——羅德史瓦茲公司(Rohde & Schwarz)聲稱海軍通信情報系統可偵測此類信號，並針對進襲威脅向操作手示警。此系統還可以利用無人機的無線電鏈路，來精確定位無人機和其操控手。一旦取得前述目標的位置資訊後，就可施加動能或電子武器攻擊，或者引導執法單位進行逮捕。而此類威脅正在加劇。如同通信情報專業公司



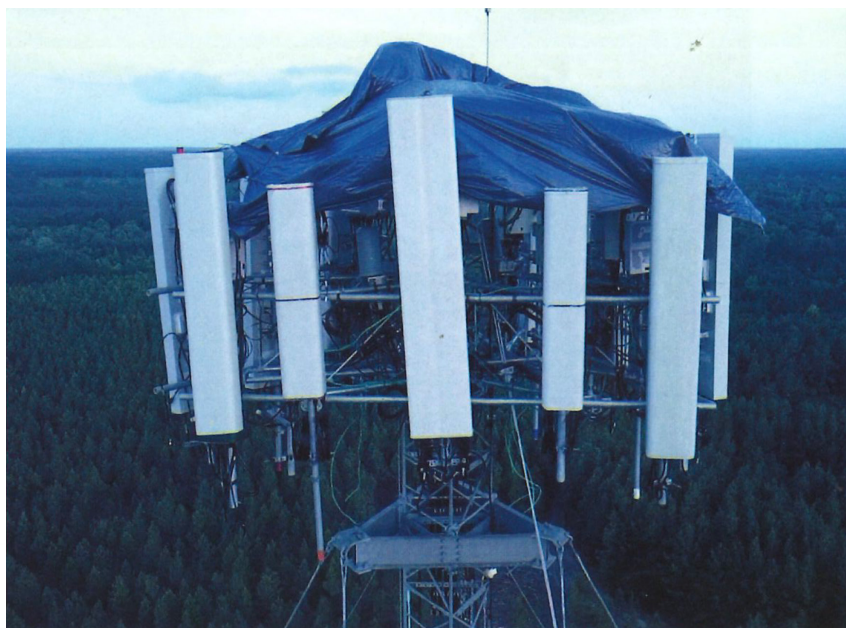
現今與未來的海軍通信情報人員，必須應對無線電頻寬日益擁擠的窘境，他們必須偵測與分析大量信號。(Source: Thomas Withington)

TCI公司所指出：「貨櫃港、煉油廠、海水淡化廠及其他岸基關鍵基礎設施都很容易遭無人機阻斷或破壞」。因此，通信情報的主要功能就是在保護這些設施及個別艦艇。

信號處理過程的挑戰

信號飽和——在無數可疑的發射訊號中，部分或眾多訊號可能會非常接近，甚至重疊——而這將造成更多問題。試想，沿岸地區小船的秘密集會，每艘船使用無線電通信。在車水馬龍的發射頻譜中，前述通信訊號會陷入手機、無線電、衛星通信和廣播的泥淖。要在混亂中理出可疑信號，軟體大有助益，但是電腦需要強大處理器來去蕪存菁，找到微小的訊號傳輸痕跡。

吉爾格倫認為，部分因5G出現而助長的長期信號飽和，將導致通信情報系統計算產生「更大處理需求，才能成功運用這些技術以澈底分析目標，而通信情報面臨降低干擾、化解與友軍間頻譜重疊的問題，但仍可擁有覆蓋範圍廣且訊號處理能力強的系統，而在處理過



5G不會像陰謀論者所說的那樣帶來新冠病毒，但可能會讓通信情報人員頭大，因為網路可以容納的用戶數量有限。(Source: YouTube)

程中也不會遺漏任何目標」。海軍通信情報無法再侷限於軍事訊號蒐集——正如埃爾比特系統所指出，該項設備必須蒐集所有通信情報。與此同時，相對應的實體要求必須一併提升，始可滿足強化後的處理能力。吉爾格倫認為，未來必須在提升通信情報系統信號處理能力與消耗功率間有所權衡——高功率會導致過熱現象。兩者都是海軍艦艇的主要考量，火災是海軍長期以來的顧慮，同時也須兼顧通信情報需求與其他系統運作。

空間也是另一項考量，軍艦上的空間有限，極其稀少珍貴。根據羅德史瓦茲公司的說法，目前電子商品小型化的趨勢，至少能讓各種儀器維持在相對較小的尺寸。此外，小型船艦現在也具備通信情報能力，這對在濱海地區作業的「近岸」(Brown Water)海軍至關重要，可以運用相對較小的載具(如近岸巡邏艦)進行情報蒐集。正如TCI公司所言，海軍通信情報技術逐漸「應用在保護國家與地方的生命財產」。在濱海地區及公海，海軍通信情報皆有助於



無人飛行載具對泊港船艦，以及港口和沿岸設施構成安全風險，海軍通信情報系統可以利用其無線電鏈路，偵測並且定位無人機和操控手當下位置。

(Source: Clément Bucco-Lechat)

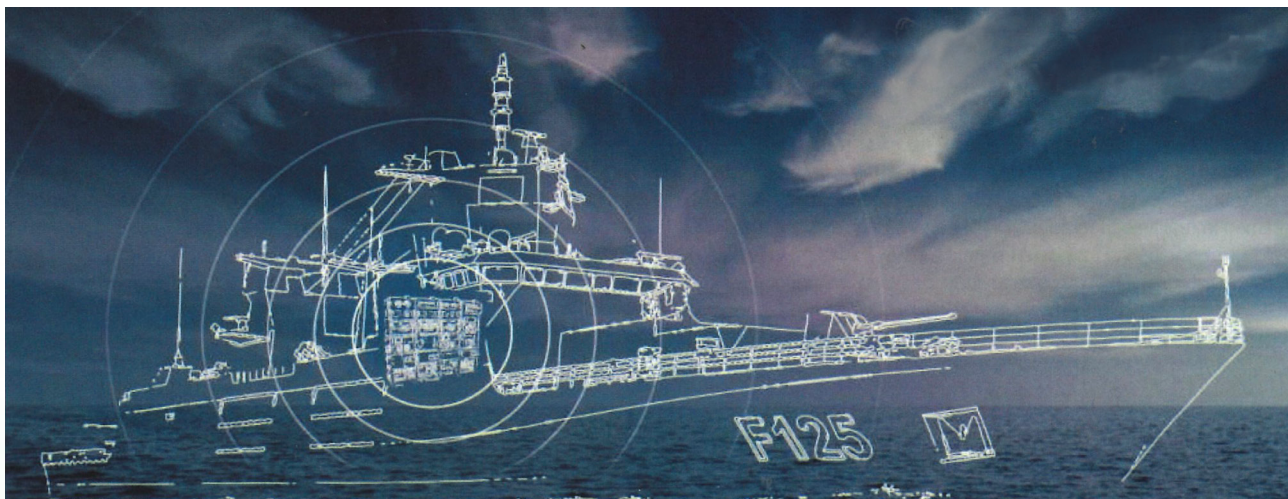
打擊人口販運、毒品走私及非法捕魚。

小型化可使海軍通信情報移至非傳統載臺進行作業：TCI公司強調浮標或繫留式無人機(Tethered Drone)之應用。無人機在濱海地區被動蒐集通信

情報後，可以即時傳送給遠端通信情報分析師。前述做法的好處是大幅擴增監控區域：船艦主桅上25公尺高的通信情報天線，可以偵測到20公里外的發射訊號——在300公尺高的繫留無人機系統上操作，偵測距離更可延伸到60公里以上。

技術

信號飽和障礙的另一種解決方案，是在吉爾格倫所謂的「尖端」處理更多信號，尤其是在最初捕獲信號的天線端，而不是在系統處理器。他建議採用多核處理器及現場可程式化邏輯閘陣列(Field-Programmable Gate Array)「進行更精緻的信號處理」。如此一來，可降低訊號處理負荷，就可將更多系統組件架設到天線上，從而縮小系統尺寸並提高信號處理速度。因為信號在送到處理器後，系統只須進行少量分析工作。



德國F125驅逐艦也體現「系統整合至上」的真諦

Aeromaritime Systembau GmbH通信公司深耕海軍通信系統整合領域長達數年。不論由誰擔任製造商，總能適時提供客戶作業所需的各項裝備，並且研擬當前問題的最佳解決方案。最後，也會進行全系統整合，讓客戶能夠及時獲得高效能的客製化服務。

(Source: www.aeromaritime.de)

也許，海軍通信情報的主要挑戰則是監看過多頻譜。作業過程的竅門，就是要從眾多背景噪訊中挑出可資運用的信號。吉爾格倫相信，先進天線技術就是現在馬上可派上用場的解決方案。日趨敏銳的發射器將有助於過濾可用信號，而訊號放大技術的進步也會有助益——微弱信號須將其功率放大後，系統始可進一步處理。但是，在訊號放大的同時，周邊「噪音」也可能會一併放大，而在分析過程中造成混淆。不過，低噪音放大器(Low Noise Amplifier, LNA)可以緩解此現象——這是更進一步的科技進展，即便是最不引人注意，或是最微弱的信號也無所遁形。

採用人工智慧也可減輕工作負荷。埃爾比特系統解釋道：

「過去，作業人員必須處理的資訊量有限。信號主要是類比形式，大部分訊號處理作業都是由人工執行」，不過目前已不復如此。「現今，從技術和操作層面來看，操作手身處複雜電磁環境，而現代電子戰產生巨量資訊和先進數位信號，導致作業人員無法有效處理」。這些「大數據」將大幅借助人工智慧來處理，而尖端演算法有助於「接收、分類、產製和過濾資訊，最終將關鍵資訊即時提供作業人員」。

吉爾格倫觀察到，在複雜電磁環境中蒐集情報的通信情報系統，需要取得一切協助，「以精準捕捉關鍵信號與消除雜訊，同時應對潛在的破壞性干擾」。埃爾比特系統相信，具備同時處理「在廣大頻寬內巨量

信號」能力的系統，可運用高效能訊號處理能力達到前述目標。這些通信情報系統還須具備技術靈活性，以「因應未來新興威脅，及時調整應對之道」。未來海軍通信情報系統的功效，端賴海軍能否及時掌握戰術與民用通信方面等的各項進展，而不費吹灰之力來提升現有通信情報系統能力。畢竟，沒有任何海軍願意在每逢通信技術大幅進步時，就為其艦隊籌獲全新的通信情報系統。

作者簡介

Thomas Withington 博士熟稔各種形式之電子戰，他也是德國軍事科技雙月刊定期投稿人。

Reprint from *Military Technology* with permission.



艦載通信情報系統通常可以偵測數十哩範圍內的發射器，在浮升器或繫留無人機安裝通信情報系統等技術，可以大幅延伸偵測距離。(Source: IAI)